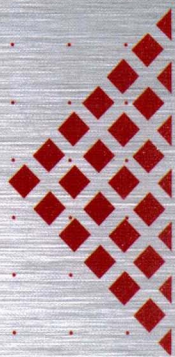


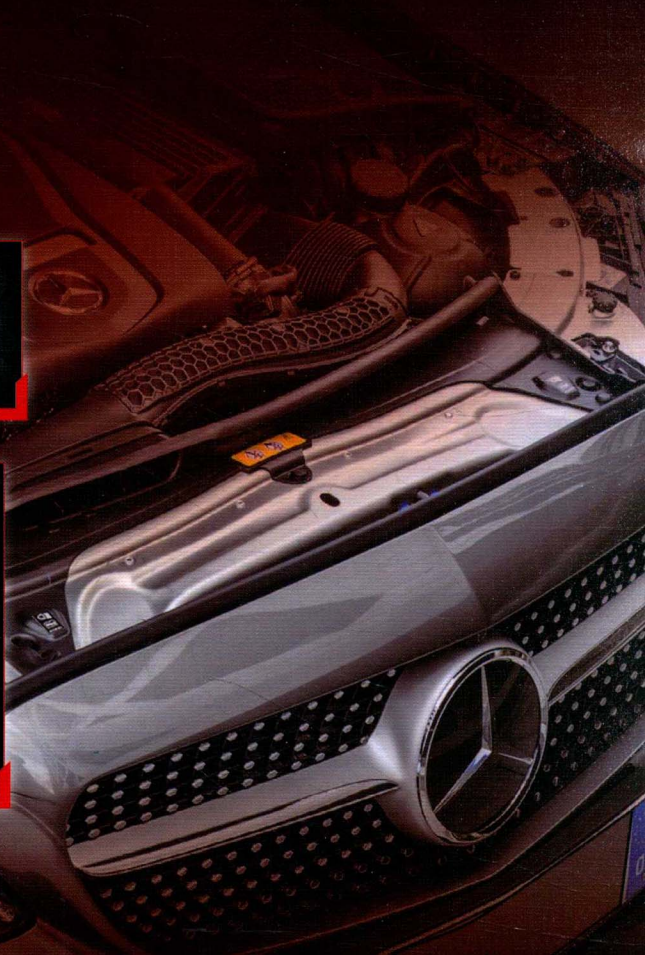
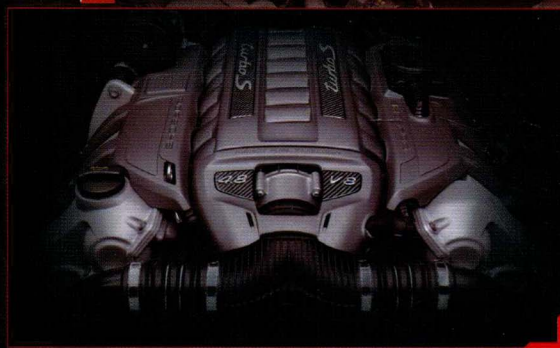
QICHE FADONGJI 
GOUZA0 JIANCE CHAIZHUANG WEIXIU



汽车发动机

构造·检测·拆装·维修

邵健萍 主编



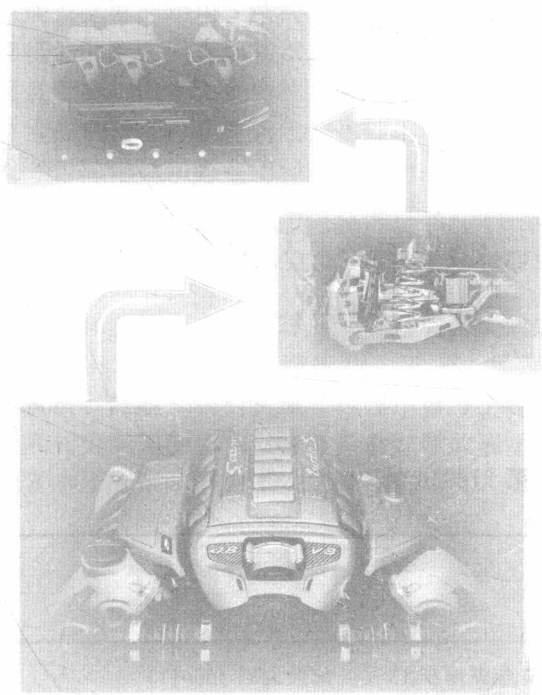
化学工业出版社

QICHE FADONGJI 
GOUZAO JIANCE CHAIZHUANG WEIXIU

汽车发动机

构造·检测·拆装·维修

邵健萍 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从维修实际出发,主要介绍了汽车发动机的基础知识及曲柄连杆机构、配气机构、冷却系统和润滑系统、发动机点火系统、汽油发动机燃料供给系统、柴油发动机燃料供给系统等主要总成及部件的功用、结构、工作原理、拆装方法及检测与维修技术。

在编写过程中参阅了大量的技术资料,力求突出起点低(从入门讲起,适合汽车维修技术的初学者,即使无任何基础也同样适用)、图文并茂(易于阅读和理解)、一切从实际出发(讲解理论知识够用即止,突出实际操作技能的掌握和运用)、内容规范(即本书是依据最新维修工的执业标准编写)等特点。

本书适合初、中级汽车维修人员,驾驶员及汽车行业相关人员阅读,也可供有关职业院校师生、企业培训人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造·检测·拆装·维修/邵健萍主编. —北京:
化学工业出版社, 2015. 11
ISBN 978-7-122-25172-5

I. ①汽… II. ①邵… III. ①汽车-发动机-构造②汽车-
发动机-车辆修理 IV. ①U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 218346 号

责任编辑: 黄 滢
责任校对: 吴 静

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 519 千字 2016 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究



近年来，汽车已经成为人们日常生活和工作中必不可少的交通运输工具，汽车的使用、保养与维修越来越受到用户的重视。汽车保有量的不断增加也带动了汽车维修行业的快速发展，新技术、新知识、新结构在汽车上应用，也使汽车发动机越来越复杂，因而对一线汽车维修人员提出了更高的要求。一线维修人员必须掌握汽车维修工的基本知识，熟悉汽车检测设备的使用、故障诊断与维修的基本方法，并拥有大量的资料，不断更新、充实，以适应日新月异的现代化汽车维修行业的发展。

本书从维修实际出发，主要介绍了汽车发动机的基础知识及曲柄连杆机构、配气机构、冷却系统和润滑系统、发动机点火系统、汽油发动机燃料供给系统、柴油发动机燃料供给系统等主要总成及部件的功用、结构、工作原理、拆装方法及检测与维修技术。另外，本书还介绍了发动机的装配与磨合等知识。

在编写过程中参阅了大量的技术资料，编写过程中力求突出起点低（从入门讲起，适合汽车维修技术的初学者，即使无任何基础也同样适用）、图文并茂（易于阅读和理解）、一切从实际出发（讲解理论知识够用即止，突出实际操作技能的掌握和运用）、内容规范（即本书是依据最新维修工的执业标准编写）等特点。

本书适合初、中级汽车维修人员，驾驶员及汽车行业相关人员阅读，也可供有关职业院校师生、企业培训人员参考。

本书由邵健萍主编，参加编写的人员还有张能武、陶荣伟、钱瑜、刘文军、许君辉、蒋超、王首中、张云龙、冯立正、龚庆华、王华、祝海钦、刘振阳、莫益栋、陈思宇、林诚也、杨杰、黄波、陈超。我们在编写过程中参考了相关图书出版物，并得到江南大学机械工程学院领导和相关老师的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于笔者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者



Chapter 01 第一章 发动机的基础知识 Page 001

- 第一节 发动机的总体认识 / 1
 - 一、发动机的总体构造 / 1
 - 二、发动机的分类 / 4
 - 三、发动机的常用术语及其含义 / 6
 - 四、发动机的基本工作原理 / 7
 - 五、汽油机和柴油机的区别 / 10
- 第二节 发动机拆装与机械维修常识 / 10
 - 一、发动机拆装与检修安全操作规程 / 10
 - 二、拆装与检修常用工具及其使用 / 10
 - 三、拆装与检修常用量具及其使用 / 20
 - 四、常用汽车电工仪器仪表功能及使用 / 28

Chapter 02 第二章 曲柄连杆机构 Page 036

- 第一节 曲柄连杆机构基本概述 / 36
 - 一、曲柄连杆机构的组成与功用 / 36
 - 二、曲柄连杆机构的工作条件与受力分析 / 36
 - 三、曲柄连杆机构的构造和工作情况 / 36
- 第二节 曲柄连杆机构的拆装 / 57
 - 一、机体组的拆装 / 57
 - 二、活塞连杆组的拆装 / 61
 - 三、曲轴飞轮组的拆装 / 63
- 第三节 曲柄连杆机构的检测与维修 / 64
 - 一、机体组的检测与维修 / 64
 - 二、活塞连杆组的检测与维修 / 68
 - 三、曲轴飞轮组的检测与维修 / 79

Chapter 03 第三章 配气机构 Page 084

- 第一节 配气机构基本概述 / 84
 - 一、配气机构的功用与组成 / 84
 - 二、配气机构的位置形式 / 84
 - 三、气门间隙 / 87
 - 四、配气相位与配气相位图 / 88

五、配气机构的主要零件和组件 /	90
第二节 配气机构的拆装 /	98
一、正时齿带和正时齿轮的拆装 /	98
二、气门组和气门传动组的拆装 /	99
三、配气机构的拆装示例 /	100
第三节 配气机构的检测与维修 /	103
一、气门组零件的检测 /	103
二、气门传动组零件的检测 /	106
三、配气机构故障现象、原因及诊断排除 /	109
四、气门间隙的检查与调整 /	109
五、气门组与气门传动组的检修 /	112

Chapter 04 第四章 发动机的冷却系统和润滑系统

Page 120

第一节 冷却系统基本概述 /	120
一、冷却系统的功用与类型 /	120
二、冷却系统的组成及工作过程 /	120
三、冷却液的特点与选用 /	127
第二节 冷却系统的拆装、检测与维修 /	128
一、冷却系统主要部件的拆装 /	128
二、冷却系统的检测 /	129
三、冷却系统的维修 /	135
第三节 润滑系统基本概述 /	140
一、润滑系统的功用 /	140
二、发动机的润滑方式 /	141
三、润滑系统的组成和油路 /	141
四、润滑系统主要部件的构造 /	143
第四节 润滑系统的拆装、检测与维修 /	147
一、润滑系统的拆装 /	147
二、润滑系统的检测与维修 /	149

Chapter 05 第五章 发动机点火系统

Page 162

第一节 点火系统基本概述 /	162
一、点火系统的功用与分类 /	162
二、传统点火系统 /	163
三、电子点火系统 /	172
四、电脑控制电子点火系统 /	177
五、无分电器点火系统 /	179
第二节 点火系统检测与维修 /	180
一、点火系统主要部件的检测 /	180
二、磁感应式电子点火系统的检测 /	181
三、传统点火系统的故障检修与排除 /	182
四、传统点火系统的使用与调整 /	189

- 五、 电子点火系统的故障检修与排除 / 190
- 六、 点火正时的检查与调整 / 198

Chapter06

第六章 汽油发动机燃料供给系统

Page201

- 第一节 汽油发动机燃料供给系统基本概述 / 201
 - 一、 概述 / 201
 - 二、 汽油发动机电控喷射系统的分类与组成 / 205
 - 三、 燃油供给系统辅助装置 / 211
- 第二节 汽油发动机燃料供给系统的拆装、检测与维修 / 213
 - 一、 汽油机燃料供给系统的总体拆装 / 213
 - 二、 汽油机燃油料供给系统的检测 / 216
 - 三、 汽油机燃料供给系统的维修 / 229

Chapter07

第七章 柴油发动机燃料供给系统

Page242

- 第一节 柴油机燃料供给系统基本概述 / 242
 - 一、 柴油机供给系统的功用、组成及工作过程 / 242
 - 二、 可燃混合气的形成与燃烧室 / 243
 - 三、 燃料供给系统主要部件结构 / 245
 - 四、 柴油机电控燃油喷射系统 / 259
- 第二节 柴油机供给系统的拆装、检测与维修 / 267
 - 一、 柴油机供给系统的总体拆装 / 267
 - 二、 柴油机供给系统的维护 / 267
 - 三、 燃料供给系统主要部件的检修 / 268
 - 四、 柴油机供给系统的常见故障与排除 / 277
 - 五、 博世 MS6.3 共轨蓄压式燃油喷射系统的故障诊断与检修 / 280

Chapter08

第八章 发动机的装配与磨合

Page283

- 第一节 发动机的装配与调试 / 283
 - 一、 发动机装配注意事项 / 283
 - 二、 发动机的装配顺序与调整 / 284
 - 三、 发动机总成装配示例 / 287
- 第二节 发动机总成修理竣工技术条件 / 294
 - 一、 一般技术要求和主要使用性能 / 294
 - 二、 发动机试验 / 295
- 第三节 发动机的磨合和竣工验收 / 296
 - 一、 磨合试验的目的 / 296
 - 二、 磨合试验及磨合规程 / 297
 - 三、 发动机竣工验收 / 299

第一节 发动机的总体认识

一、发动机的总体构造

发动机是汽车的动力装置。它可将燃料的化学能转变为热能，进而转变为机械能，推动汽车的运动。

按使用燃料的不同，发动机有汽油发动机和柴油发动机以及液化石油气发动机。按工作方式分有二冲程和四冲程两种，一般发动机为四冲程发动机。四冲程发动机由活塞往复四个行程完成一个工作循环，包括进气、压缩、做功、排气四个过程。四行程柴油机和汽油机一样经历进气、压缩、做功、排气的过程。但它们的不同之处在于汽油机是点燃，柴油机是压燃。近年来，随着高能蓄电池的采用，已出现了电气动力汽车。

汽车发动机结构复杂，不同类型或同类型的发动机在结构上都会存在差别，但是不管何种类型的汽油机和柴油机，其总体结构都比较相似，如图 1-1 所示。发动机的作用是使进入其中的燃料燃烧而发出动力。大多数汽车都采用往复活塞式内燃机，它一般是由机体、曲柄连杆机构、配气机构、供给系统、冷却系统、润滑系统、点火系统（汽油发动机采用）、启动系统等部分组成。

1. 机体与曲轴连杆机构

机体和曲柄连杆机构由机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分组成，如图 1-2 所示。机体组包括气缸盖、气缸垫、气缸体、油底壳等零部件。活塞连杆组包括活塞、活塞环、活

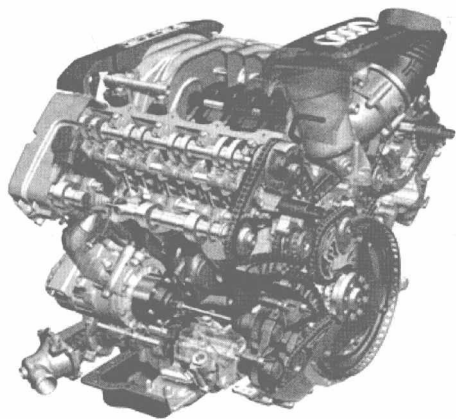


图 1-1 发动机的基本结构

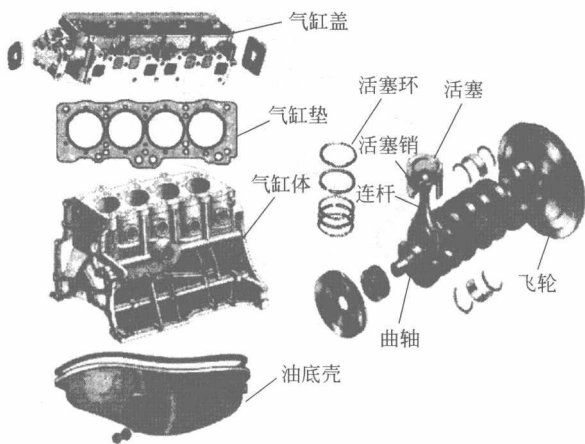


图 1-2 机体与曲轴连杆机构

塞销、连杆等零部件。曲轴飞轮组包括曲轴、飞轮、皮带轮、正时齿轮等零部件。

机体是发动机安装各零部件的基础。曲柄连杆机构是往复式发动机将热能转换为机械能的主要机构,其功用是将燃气作用在活塞顶上的压力转变为曲轴旋转运动而对外输出动力。

发动机工作过程中,燃料燃烧产生的气体压力直接作用在活塞顶上,推动活塞作往复直线运动。活塞作用力经活塞销、连杆和曲轴,将活塞的往复运动转换为曲轴的旋转运动。

发动机产生的动力大部分由曲轴后端的飞轮传给底盘的传动系统,再经过传动系统传给汽车的驱动轮;还有一部分动力通过曲轴前端的齿轮和带轮驱动发动机自身的其他机构和系统。

2. 配气机构

配气机构由气门组和气门传动组两部分组成,如图 1-3 所示。气门组包括气门(进气门、排气门)、气门弹簧、气门座、气门导管等零部件。气门传动组包括凸轮轴、正时带轮(或齿轮、链轮)、正时皮带(或正时链条)、气门挺柱等零部件。

配气机构的功用是按照发动机各缸的工作循环和做功次序,定时地将气缸的进、排气门开启和关闭,以便使新鲜的可燃性混合气(汽油机)或空气(柴油机)及时进入气缸,废气及时排出。

发动机工作过程中,凸轮轴正时带轮在正时皮带的驱动下,与曲轴正时带轮按照 1:2 的转速比同步旋转,并通过凸轮轴、气门挺柱驱动气门组件,根据凸轮轴上凸轮的不同分布形式,适时、准确地打开和关闭进、排气门,实现气缸内气体顺利换气的目的。

3. 燃料系统

燃料系统的功用是根据发动机各种工况的不同要求,将一定数量的燃油送入发动机进气管或气缸中,以形成适当浓度的可燃混合气。

在 20 世纪 80 年代以前,汽油发动机基本上是采用化油器式燃料系统,其主要部件有汽油泵、化油器等,如图 1-4 所示。汽油泵把油箱中的燃油泵入到化油器中,化油器安装在进气管的节气门体上,利用发动机进气流在流经化油器时产生的真空吸力,将燃油吸入到进气管中,与空气混合,形成可燃性混合气,进入气缸燃烧。

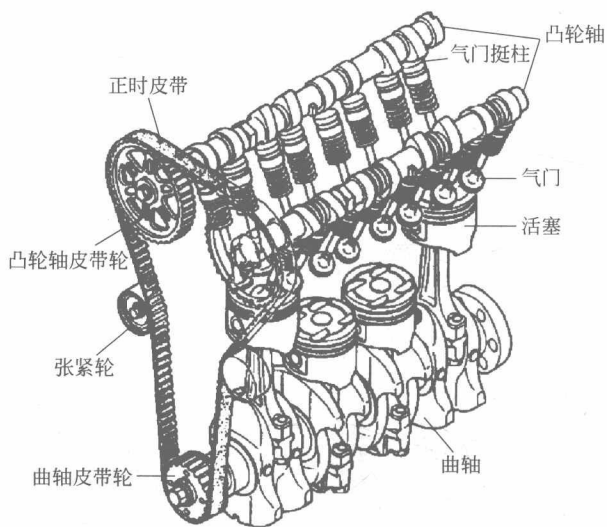


图 1-3 配气机构的传动原理

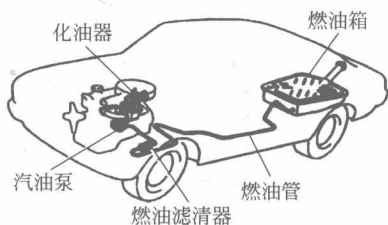


图 1-4 化油器式燃料系统

现代汽油机燃料系统已实现了由化油器技术向电控燃油喷射技术的转变,电控燃油喷射式燃料系统的主要部件有电动汽油泵、喷油器等,如图 1-5 所示。电动汽油泵把油箱中的燃油泵入到燃油管中,并产生一定的油压。喷油器在发动机电脑的控制下喷油,将适量的燃油

喷入到进气歧管内，与空气混合形成可燃的混合气，进入气缸燃烧。

4. 点火系统

汽油机是点燃式发动机，点火系统的功用就是在适当的时刻让气缸内火花塞产生电火花，以点燃缸内的可燃混合气。点火系统主要由蓄电池、点火开关、点火线圈、分电器、火花塞、点火器和相关高压导线等零部件组成，如图 1-6 所示。

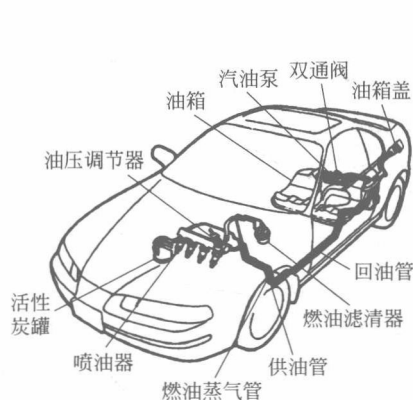


图 1-5 电控燃油喷射式燃料系统

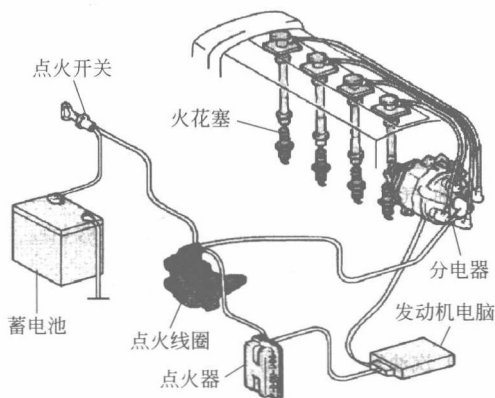


图 1-6 点火系统的组成

点火系统的工作过程是在点火开关打开状态下，蓄电池的电源通过点火器（点火模块）控制点火线圈初级绕组的导通和截止，使点火线圈内部的次级绕组在线圈互感的作用下产生高电压，经过分电器将高电压传给火花塞，使火花塞产生电火花。

5. 冷却系统

冷却系统的功用是利用冷却液冷却高温零件，并通过散热器将热量散发到大气中去，从而保证发动机在正常的温度状态下工作。

冷却系统主要由水泵、节温器、散热器、冷却风扇和相关的冷却软管所组成，如图 1-7 所示。

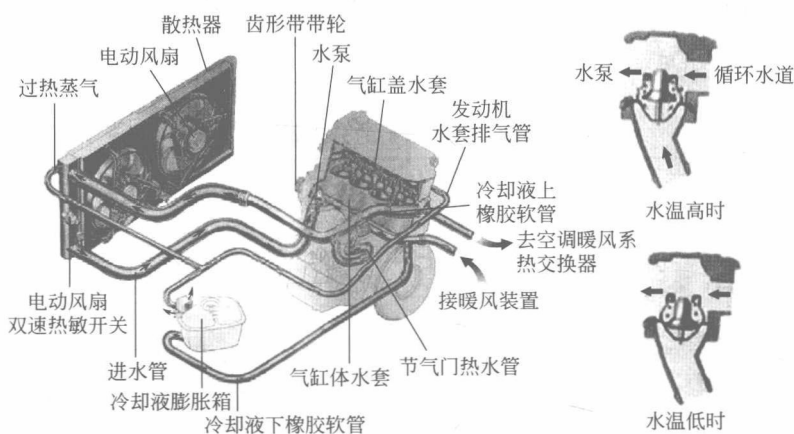


图 1-7 冷却系统

冷却系统的工作过程是在发动机的驱动下，水泵不断地把散热器内的冷却液泵入到发动机缸体的冷却水套中，对发动机缸体进行冷却，再让冷却液流入散热器，通过风扇把热量散发到大气中。节温器的作用是控制冷却水的循环流量，以调节发动机在冷车和热车状态下的冷却强度。

6. 润滑系统

润滑系统的功用是将润滑油分送至发动机的各个摩擦零件的摩擦表面上，以减小摩擦

力，减缓机件磨损，并清洗、冷却摩擦表面，从而延长发动机的使用寿命。

润滑系统主要由集滤器、机油泵、机油滤清器和相关的油道等组成，如图 1-8 所示。有的发动机润滑系统还有机油冷却器等对机油进行冷却的装置。

润滑系统的工作过程是机油泵在发动机的驱动下，将油底壳里面的机油泵出，经过机油滤清器过滤后进入发动机润滑油道中，并通过油道传输到发动机需要润滑的各部件的运动表面进行润滑，最后流回油底壳，有的发动机还让部分机油经过机油冷却器进行冷却，以降低机油的温度，提高机油的使用寿命。

7. 启动系统

要使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使发动机完成进气、压缩、点火、做功的全过程，直到发动机能自行运转。启动系统的功用就是在发动机启动时，给发动机提供一个使之转动的外力。

启动系统主要由启动开关、起动机、蓄电池、启动继电器等组成，如图 1-9 所示。驾驶员在启动发动机时，转动启动开关使起动机运转，起动机通过飞轮带动发动机曲轴转动，使发动机顺利地启动。

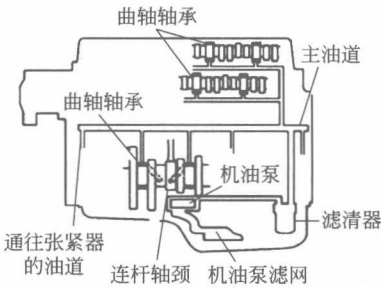


图 1-8 润滑系统

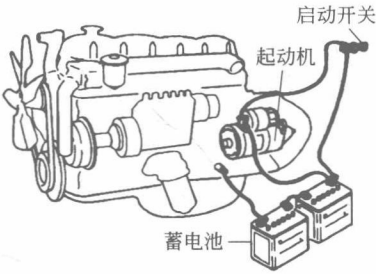


图 1-9 启动系统

二、发动机的分类

发动机的分类说明见表 1-1。

表 1-1 发动机的分类说明

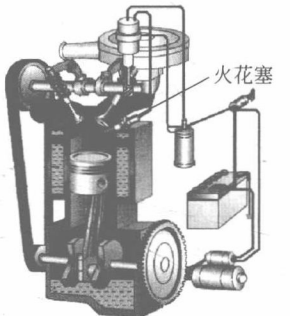
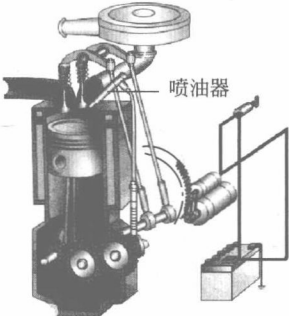
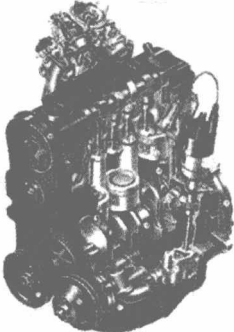
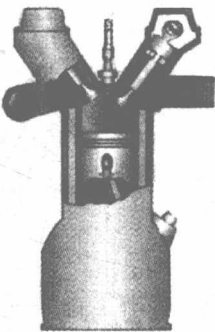
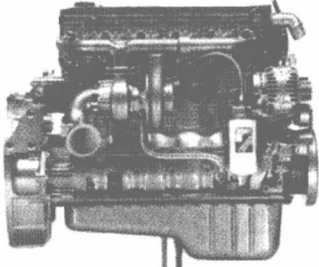
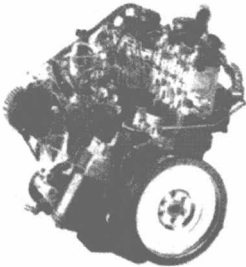
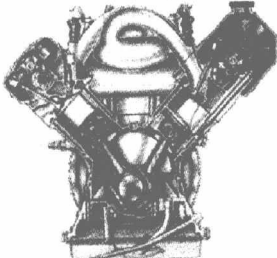
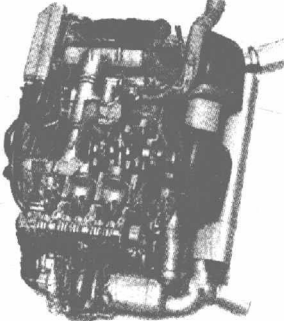
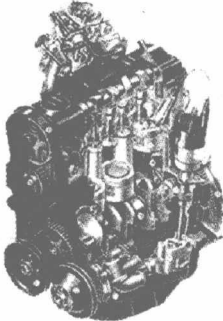
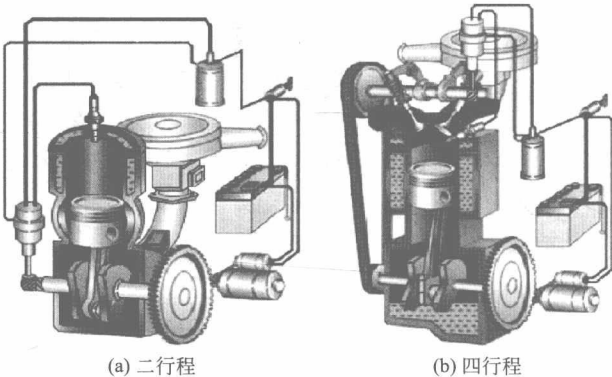
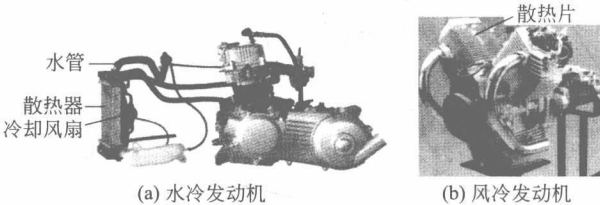
分 类	说 明
按照燃料 不同分类	按照所使用燃料的不同，汽车发动机可分为柴油机和汽油机（图 1-10）。使用汽油为燃料的内燃机称为汽油机，使用柴油为燃料的内燃机称为柴油机。汽油机转速高，质量小，噪声小，启动容易，制造成本低；柴油机压缩比大，热效率高，经济性能和排放性能都比汽油机好  (a) 柴油机 (b) 汽油机

图 1-10 按照燃料不同分类

续表

分 类	说 明
按照气缸数分类	按照气缸数目不同,汽车发动机可分为单缸发动机和多缸发动机(图 1-11)。仅有一个气缸的发动机称为单缸发动机;有两个以上气缸的发动机称为多缸发动机。如双缸发动机、三缸发动机、四缸发动机、五缸发动机、六缸发动机、八缸发动机、十二缸发动机等都是多缸发动机。现代车用发动机多采用四缸发动机、六缸发动机、八缸发动机  (a) 单缸发动机 (b) 多缸发动机 图 1-11 按照气缸数分类
按照进气方式分类	按照进气系统是否采用增压方式可以分为自然吸气(非增压)式发动机和强制进气(增压)式发动机(图 1-12)。汽油机常采用自然吸气式;柴油机为了提高功率有采用增压式的  (a) 自然吸气(非增压) (b) 强制进气(增压) 图 1-12 按照进气方式分类
按照气缸排列方式分类	按照气缸排列方式不同,汽车发动机可分为单列式和双列式(图 1-13)。单列式发动机的各个气缸排成一列,一般是垂直布置的,但为了降低高度,有时也把气缸布置成倾斜的甚至水平的;双列式发动机把气缸排成两列,两列之间的夹角$<180^{\circ}$(一般为90°)称为 V 形发动机,若两列之间的夹角为180°称为对置式发动机  (a) 直列式(单列式) (b) 对置式(双列式) (c) V形(双列式) 图 1-13 按照气缸排列方式分类

续表

分 类	说 明
按照一个工作循环所需的行程数分类	按照完成一个工作循环所需的行程数，汽车发动机可分为四行程内燃机和二行程内燃机（图 1-14）。曲轴转两圈（720°），活塞在气缸内上下往复运动四个行程，完成一个工作循环的内燃机称为四行程内燃机；曲轴转一圈（360°），活塞在气缸内上下往复运动两个行程，完成一个工作循环的内燃机称为二行程内燃机。汽车发动机广泛使用四行程内燃机  (a) 二行程 (b) 四行程 图 1-14 按照一个工作循环所需的行程数分类
按照冷却方式分类	按照冷却方式不同，汽车发动机可分为水冷发动机和风冷发动机（图 1-15）。水冷发动机是利用在气缸体和气缸盖冷却水套中进行循环的冷却液作为冷却介质进行冷却；而风冷发动机是利用流动于气缸体与气缸盖外表面散热片之间的空气作为冷却介质进行冷却。水冷发动机冷却均匀，工作可靠，冷却效果好，被广泛地应用于现代车用发动机  (a) 水冷发动机 (b) 风冷发动机 图 1-15 按照冷却方式分类

三、发动机的常用术语及其含义

同行之间谈论专业问题常用专用术语表达，汽车发动机也有专用术语，了解这些对于阅读汽车专业的书籍是必不可少的，汽车发动机最主要的常用术语及其含义见表 1-2。

表 1-2 发动机常用术语及其含义

术 语	含 义
工作循环	由进气、压缩、做功和排气四个工作过程组成的封闭过程
上止点	活塞顶在气缸内所能到达的最高位置叫上止点，这一位置也是活塞顶距离曲轴中心线最远的位置
下止点	活塞顶在气缸内所能到达的最低位置叫下止点，这一位置也是活塞顶距曲轴中心线最近的位置

续表

术 语	含 义
活塞行程 S	活塞从上止点到下止点或从下止点到上止点的距离叫活塞行程
曲柄半径 R	曲柄半径是指与连杆大端相连的曲柄销的中心线到曲轴回转中心线的距离。显然，曲轴每转一周，活塞移动两个行程，即 $S=2R$
气缸工作容积 V_h	在同一只气缸内，活塞从上止点到下止点或从下止点到上止点所留出的容积，叫气缸工作容积
燃烧室容积 V_c	活塞顶上方的空间叫燃烧室，燃烧室的容积被称为燃烧室容积
发动机气缸总容积	活塞位于下止点时活塞顶上方的全部空间叫气缸总容积，气缸总容积等于燃烧室容积与气缸工作容积之和，即 $V_a=V_c+V_h$
内燃机排量 V_L	内燃机所有气缸工作容积的总和称为内燃机排量
发动机工作容积	同一台发动机的全部气缸工作容积的总和叫发动机工作容积，发动机工作容积又被称为发动机排量
压缩比 ϵ	气缸总容积与燃烧室容积的比值叫压缩比，压缩比表示气缸内气体被压缩后缩小的倍数，压缩比=气缸总容积/燃烧室容积。适当提高发动机的压缩比，可以收到提高发动机的经济性和动力性的效果。在一般情况下，汽油发动机的压缩比是 $8\sim 10$ ，柴油发动机的压缩比是 $18\sim 23$
工况	内燃机在某一时刻的运行状况简称工况
负荷率	内燃机在某一转速下发出的有效功率与相同转速下所能发出的最大有效功率的比值称为负荷率

四、发动机的基本工作原理

1. 四冲程汽油发动机的工作原理

四行程发动机是指活塞在气缸内往复四个行程完成一个工作循环的发动机，每个工作循环中活塞的四个行程分别为进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程（图 1-16）。在此过程中，发动机的曲轴旋转两周，进、排气门各开闭 1 次。

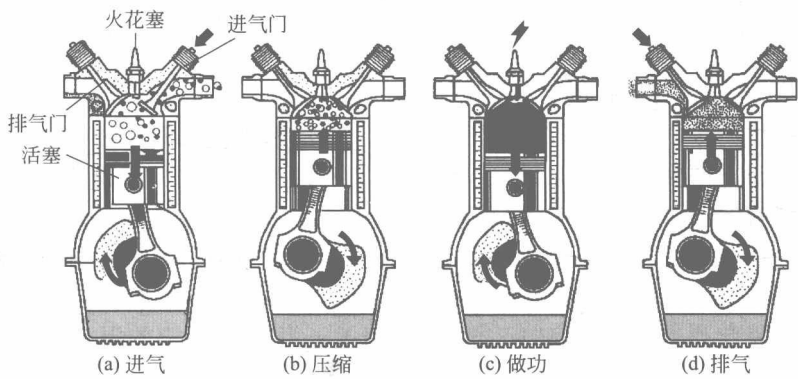


图 1-16 四冲程汽油发动机的工作循环

(1) 进气行程 活塞从上止点向下止点运动，排气门关闭，进气门打开。进气过程开始，活塞下移，气缸内容积增大，压力减小，当压力低于大气压时，在气缸内产生真空吸力，空气和汽油的混合气体通过进气门进入气缸，在气缸内进一步形成混合气。

(2) 压缩行程 曲轴继续旋转, 活塞从下止点向上止点运动, 这时进气门和排气门都关闭, 气缸内成为封闭容积, 可燃混合气受到压缩, 压力和温度不断升高, 当活塞到达上止点时, 压缩行程结束。

(3) 做功行程 当活塞位于压缩行程接近上止点位置时, 火花塞产生电火花点燃可燃混合气, 可燃混合气燃烧后放出大量的热, 使气缸内气体温度和压力急剧升高, 高温高压气体膨胀, 推动活塞从上止点向下止点运动, 通过连杆、曲柄使曲轴旋转并输出机械功。

(4) 排气行程 当做功接近终了时, 排气门开启, 进气门仍然关闭, 靠废气的压力先进行自由排气, 活塞到达下止点再向上止点运动时, 继续把废气强制排出到大气中, 活塞越过上止点后, 排气门关闭, 排气行程结束。

2. 四行程柴油机的工作原理

四行程柴油机和四行程汽油机的工作过程相同, 每一个工作循环同样包括进气、压缩、做功和排气四个行程(图 1-17), 但由于柴油机使用的燃料是柴油, 柴油黏度大, 不易蒸发, 自燃温度低, 故柴油机可燃混合气的着火方式是压燃式。

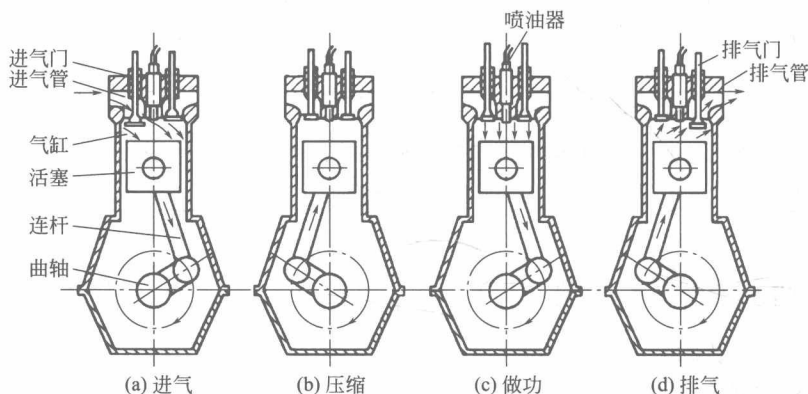


图 1-17 四冲程柴油发动机的工作循环

四行程柴油机在进气行程和压缩行程中气缸里都是纯空气, 而不是可燃混合气, 在压缩行程接近上止点时, 喷油器将高压柴油以雾状喷入燃烧室, 柴油和空气在气缸内形成可燃混合气并着火燃烧。

3. 二冲程汽油机的工作原理

二冲程发动机的工作循环也包括进气、压缩、做功和排气等四个过程, 只不过这些过程的完成仅仅需要活塞两个行程即曲轴旋转 360° 。二冲程汽油机的工作循环, 其进、排气均由活塞来控制, 没有气门机构, 如图 1-18 所示。

第一行程: 在曲轴的带动下, 活塞由下止点向上止点运动, 当活塞将换气孔、排气孔和进气孔都关闭时 [图 1-18 (a)], 活塞开始压缩进入气缸的混合气, 同时在活塞的下方形成一定的真空度, 因此当进气孔开启时 [图 1-18 (b)], 化油器供应的混合气被吸入箱内, 直至活塞到上止点, 完成压缩和进气行程。

第二行程: 当活塞接近上止点时 [图 1-18 (c)], 火花塞产生电火花, 点燃混合气后形成的高温、高压气体, 推动活塞向下止点运动做功。活塞下行到关闭进气孔后下方曲轴箱内的可燃混合气被预压。当活塞下行到排气孔开启时 [图 1-18 (d)], 废气在压力作用下经排气孔排出, 紧接着换气孔开启, 曲轴箱内预压的混合气经换气孔进入气缸, 气缸内废气被排

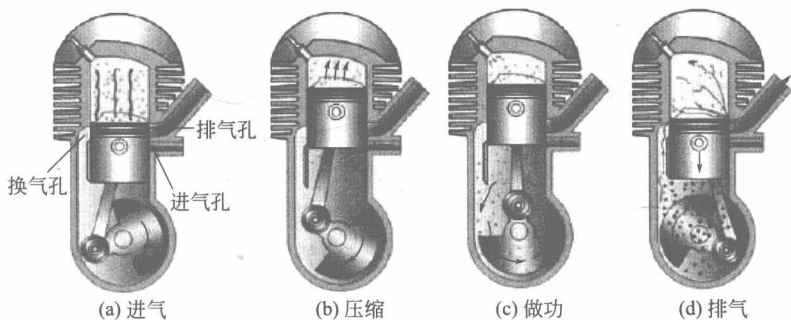


图 1-18 二冲程汽油发动机的工作循环

除，这一过程为做功和排气行程。二冲程汽油机的活塞顶一般做成特殊形状，使混合气沿一定方向流向气缸上腔，这样既可以利用混合气驱除废气，又可以避免新鲜混合气中过多地混入废气。但是，要完全避免混合气随废气的排出是不可能的。

4. 二冲程柴油机的工作原理

二冲程柴油机的工作循环与二冲程汽油机工作循环也有很多相似之处，所不同的主要是进入气缸的不是可燃混合气，而是空气。如图 1-19 所示为带有扫气泵的二冲程柴油机工作循环图。新鲜空气由扫气泵提高压力（120~140kPa）后经气缸外部空气室和缸壁进气孔进入气缸内，而废气由缸盖上的排气门排出。

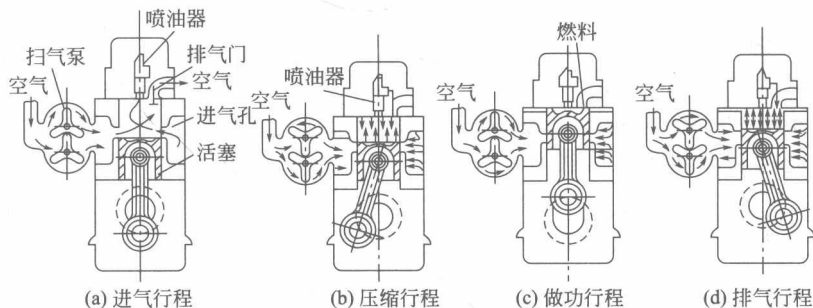


图 1-19 二冲程柴油发动机的工作循环

第一行程：活塞自下止点向上止点移动。行程开始前，进气孔和排气门均开启，提高压力后的空气进入气缸进行换气 [图 1-19 (a)]。当活塞继续上移，进气孔被关闭，继而排气阀也关闭，空气被压缩 [图 1-19 (b)]。

第二行程：当活塞接近上止点时，喷油器向缸内喷入雾状柴油并自行燃烧 [图 1-19 (c)]，燃烧的高温、高压气体推动活塞下行做功。活塞下行约 $2/3$ 行程时，排气门开启，废气靠自身压力排出气缸 [图 1-19 (d)]。此后进气孔开启，进行换气。

从以上叙述中可以看出，二冲程发动机完成一个工作循环，曲轴只转一周，而四冲程发动机要转两周。因此，当发动机工作容积、压缩比和转速相等时，从理论上讲，二冲程发动机的功率应是四冲程发动机的 2 倍，但实际上只有 1.5~1.6 倍。这是由二冲程发动机难以将废气排净，以及可燃混合气随废气排出等问题所致。因此，二冲程汽油机排量不大，一般用于摩托车或小型机动船上。

五、汽油机和柴油机的区别

1. 汽油机与柴油机工作的异同

汽油机和柴油机所使用的燃料分别为汽油和柴油。汽油蒸发性好，易挥发，自燃温度较高，为 220~471℃，热值为 44400kJ/kg，对汽油的使用存在抗爆性要求；柴油的蒸发性相对较差，挥发性比较差，雾化效果受到黏度值影响，其自燃温度较低，约为 240℃，热值为 40190kJ/kg，对柴油的使用存在凝点要求。由于燃料性质的区别，汽油机和柴油机的结构也存在一些区别，见表 1-3。

表 1-3 柴油机与汽油机比较

项 目	汽油发动机	柴油发动机
进气行程	吸进燃油和空气混合气（缸内直喷吸进空气）	仅吸进空气
压缩行程	活塞压缩可燃混合气，压缩比为 7~13，压缩终了温度为 300~400℃	活塞压缩空气，压缩比为 16~22，压缩终了温度为 530~730℃
燃烧冲程	火花塞将压缩混合气强制点火（点燃）	燃油喷进高温、高压空气中，自行着火（压燃）
排气行程	活塞强力将气体排出气缸外，主要排放物中 CO、HC 多，NO _x 、黑烟少	活塞强力将气体排出气缸外，主要排放物中 CO、HC 多，NO _x 、黑烟多
功率输出调整方法	由控制节气门的开度来改变可燃混合气的供给量	由控制喷油泵来改变燃油的供给量（进入气缸的空气量不能调整）

2. 四冲程汽油机和柴油机的区别

- (1) 可燃混合气的形成和点燃方法不同 汽油机的可燃混合气是在化油器中形成后，再进入气缸，于压缩冲程终了被电火花点燃；柴油机先进入气缸的是纯空气，只是压缩冲程终了时，柴油才通过喷油装置成雾状喷入气缸，与空气混合形成可燃混合气，并在高温下自行燃烧。
- (2) 压缩比不同 柴油机可燃混合气的点燃依靠压缩后的高温，压缩比要比汽油机高。

第二节 发动机拆装与机械维修常识

一、发动机拆装与检修安全操作规程

发动机拆装与检修安全操作规程见表 1-4。

二、拆装与检修常用工具及其使用

修理工具使用得当，将会便利工作的进行，否则不但会损坏工具，有时还会造成人身事故。

1. 扳手

扳手是用来拆装带有棱角螺母、螺栓的工具。扳手种类很多，用途也各有不同。汽车修理一般常用的有呆扳手、梅花扳手、套筒扳手、活扳手、扭力扳手和管子扳手等，其说明见表 1-5。